

Cruz das Almas, BA / Novembro, 2024

Teor de compostos cianogênicos em folhas de variedades de mandioca com diferentes idades

Luciana Alves de Oliveira⁽¹⁾, Vanderlei da Silva Santos⁽¹⁾, Gleidson Santos Teixeira⁽²⁾, Palmira de Jesus Neta⁽³⁾, Jaciene Lopes de Jesus Assis⁽⁴⁾ e Ossival Lolato Ribeiro⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Pesquisadores, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA. ⁽²⁾ Estudante de Farmácia, Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira, BA. ⁽³⁾ Engenheira Florestal, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, BA. ⁽⁴⁾ Analista, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA. ⁽⁵⁾ Zootecnista, professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, BA.

**Embrapa Mandioca
e Fruticultura**
Rua Embrapa, s/nº,
Caixa Postal 07, 44380-000,
Cruz das Almas, BA
www.embrapa.br/mandioca-
e-fruticultura
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
Presidente
Eduardo Chumbinho de Andrade
Secretária-executiva
*Maria da Conceição Pereira
da Silva*
Membros
*Alecio Souza Moreira, Áurea
Fabiana Apolinário de
Albuquerque Gerum, Domingo
Haroldo Rudolfo Conrado
Reinhardt, Fabiana Fumi
Cerqueira Sasaki, Ildos Parizotto,
Marcelo do Amaral Santana,
Marilene Fancelli, Paulo Ernesto
Meissner Filho e Tatiana Góes
Junghans*

Edição executiva
Eduardo Chumbinho de Andrade
Revisão de texto
Maroly Cristina Vieira

Normalização bibliográfica
*Lucidalva Ribeiro Gonçalves
Pinheiro Perrone (CRB-5/1161)*

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio
Diagramação
Anapaula Rosário Lopes

Publicação digital: PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

Resumo – Neste estudo, avaliou-se o teor de compostos cianogênicos nas folhas de nove genótipos de mandioca (Amansa Burro, BRS Caipira, Cidade Rica, Cigana Preta, Cria Menino, BRS Guaíra, BRS Kiriris, Talo Branco e BRS Verdinha). O experimento foi avaliado aos 6, 8, 10 e 12 meses após o plantio, momento em que foi colhida toda a parte aérea de cada genótipo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. Houve diferenças significativas entre os genótipos para o teor de compostos cianogênicos. O teor total de compostos cianogênicos nas folhas de mandioca variou entre 38,34 e 338,29 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca. Amansa Burro e Talo Branco apresentaram os menores teores de compostos cianogênicos aos 6 meses, abaixo de 60 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca. A concentração dos glicosídeos cianogênicos aumentou dos 6 meses para os 8 meses, seguido de uma diminuição para a maioria dos genótipos dos 8 para os 10 e 12 meses; com o menor teor médio para a Amansa Burro, BRS Caipira, Cidade Rica, Cigana Preta, BRS Kiriris e Talo Branco (65,76 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca). Os genótipos Amansa Burro, BRS Kiriris e Talo Branco se destacaram pelos menores teores de compostos cianogênicos na maioria das idades de colheita.

Termos para indexação: *Manihot esculenta* Crantz, cianeto.

Cyanogenic compounds content in leaves of cassava varieties with different ages

Abstract – In this study, the content of cyanogenic compounds in leaves of nine cassava genotypes (Amansa Burro, BRS Caipira, Cidade Rica, Cigana Preta, Cria Menino, BRS Guaíra, BRS Kiriris, Talo Branco and BRS Verdinha) were evaluated. The experiment was evaluated at 6, 8, 10 and 12 months after planting, when the entire aerial part of each genotype was harvested. The experimental design was randomized blocks, with three replications. There were significant differences between genotypes for cyanogenic compounds. The total content of cyanogenic compounds in cassava leaves ranged from 38.34 to 338.29 mg of HCN kg⁻¹ of fresh leaves. Amansa Burro and Talo Branco had the lowest levels of cyanogenic compounds at six months, below

60 mg of HCN kg⁻¹ of fresh leaf. The concentration of cyanogenic glycosides increased from six months to eight months, followed by a decrease for most genotypes from eight to 10 and 12 months; with the lowest average content for Amansa Burro, BRS Caipira, Cidade Rica, Cigana Preta, BRS Kiriris and Talo Branco (65.76 mg of HCN kg⁻¹ of fresh leaf). The Amansa Burro, BRS Kiriris and Talo Branco genotypes stood out for their lower levels of cyanogenic compounds at most harvest ages.

Index terms: *Manihot esculenta* Crantz, cyanide.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta do tipo heliófila, arbustiva e pertencente à família Euphorbiaceae. É uma cultura originária da região Amazônica e está entre os alimentos mais consumidos no mundo por ser uma importante fonte de carboidrato, o amido (Lobo et al., 2018). Possui elevada produtividade de carboidrato por área, mesmo em situações adversas de solo e clima (baixa fertilidade, baixo nível de matéria orgânica, areias quartzosas, estiagens, entre outras) (Vasconcelos et al., 2017).

A mandioca é uma cultura alimentar básica cultivada em áreas tropicais e subtropicais, sendo um alimento responsável por mitigar a fome e por fornecer segurança alimentar (Zemba et al., 2017; Bayata, 2019).

A cultura da mandioca é largamente cultivada em todo o território brasileiro, de norte a sul, sendo fonte geradora de renda, bem como participa da alimentação dos produtores e consumidores (Pigatoo et al. 2015; Filgueiras; Homma, 2016).

As plantas de mandioca produzem diversos compostos secundários (glicosídeos cianogênicos, glicosídeos flavonoides e hidroxycumarinas) envolvidos na defesa da planta contra insetos. Dentre esses, os glicosídeos cianogênicos são os mais estudados, compostos por linamarina (95% do conteúdo total) e lotaustralina (5%) (Pinto-Zevallos et al., 2016).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura/Organização Mundial de Saúde (FAO/WHO, *Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization*), a mandioca de mesa caracteriza-se por apresentar teores desses compostos abaixo de 50 mg de HCN kg⁻¹ de polpa de raízes frescas (Feeley et al., 2012). Em estudo realizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em 1985, com 206 variedades do estado de São Paulo, 67% das variedades utilizadas como mandioca de mesa continham até 100 mg de HCN por kg de raiz fresca (Lorenzi et al., 1993). A partir desse estudo, a

concentração de 100 mg de HCN kg⁻¹ de raiz fresca passou a ser considerada pelo IAC como o limite superior para a variedade de mandioca de mesa, sendo esse valor muito utilizado no Brasil.

As folhas de mandioca apresentam elevada concentração de glicosídeos cianogênicos. Quando o tecido da planta é danificado (macerado, triturado, cortado), os compostos cianogênicos são hidrolisados pela enzima endógena denominada linamarase, resultando, inicialmente, na formação de compostos intermediários denominados cianidrinase e, por fim, na liberação do ácido cianídrico (HCN), substância altamente tóxica (Montagnac et al., 2009).

O grau de toxicidade da mandioca tem sido objeto de muitas discussões, por ser um fator que limita seu consumo pelo ser humano e animais (Zacarias, 2011; Silva, 2016; Silva et al., 2017; Hawashi et al., 2019; Ndam et al., 2019). O consumo prolongado de mandioca contendo altos níveis de glicosídeos cianogênicos, geralmente quando a mandioca constitui a principal fonte de calorias, tem sido associado a doenças neurológicas envolvendo paraparesia espástica endêmica (konzo) e neuropatia atáxica tropical (Feeley et al., 2012).

As folhas verdes dos vegetais têm mostrado características favoráveis como fonte de proteínas na dieta humana e para os animais, na produção de rações mais nutritivas (Soares et al., 2016). A folha de mandioca apresenta 14% de carboidratos, 7% de proteínas, 1% de lipídeos, 4% de fibra total, 2% de cinzas e 72% de umidade, com o teor de compostos cianogênicos variando entre 53 a 1.300 mg de HCN por kg de folha fresca (Panghal et al., 2019). No entanto, as folhas de mandioca constituem uma importante fonte de aminoácidos essenciais (por exemplo, valina e leucina), vitaminas e minerais, bem como para alimentação animal; incluindo aves, aquicultura e diferentes mamíferos (suínos, bovinos, ovinos e caprinos). Portanto, as folhas de mandioca como alimento são uma boa fonte de proteínas, vitaminas e minerais (Ospina et al., 2021). Além disso, a farinha de folhas de mandioca é fonte de compostos fenólicos e, possivelmente, pode ser utilizada como fonte natural de antioxidantes em preparações farmacológicas e alimentícias (Santos et al., 2016; Boukhers et al., 2022).

A maioria dos alimentos que contém glicosídeos cianogênicos é processada antes do consumo. O processamento visa reduzir os níveis de compostos cianogênicos do alimento e alguns métodos de processamento são melhores que outros na redução desses níveis. As concentrações finais dependem do nível dessas substâncias antes do processamento e do processamento realizado (Nambisan, 1994; Cereda, 2004; Feeley et al., 2012).

Na região Norte do Brasil, principalmente no Pará, usam-se as folhas da mandioca como principal componente de um prato denominado maniçoba, de origem indígena e tradicional da culinária paraense (Modesto Júnior et al., 2019). A maniçoba também é consumida na região do Recôncavo Baiano, na Bahia. O teor de compostos cianogênicos removidos durante o processamento da maniçoba depende da concentração inicial desses compostos na folha e da quantidade de água utilizada no processamento, pois os glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina), as cianidrinhas correspondentes (acetona cianidrina e butanona cianidrina, respectivamente) e o cianeto são solúveis em água (National Center for Biotechnology Information, 2023).

Quando é realizada a secagem das folhas, além da concentração inicial dos glicosídeos cianogênicos, a remoção desses compostos depende também da temperatura de secagem e do tempo. Em temperaturas mais elevadas, a enzima linamarase é desnaturada, o que acarreta que os glicosídeos cianogênicos não serão hidrolisados aos compostos intermediários e não haverá a posterior liberação do ácido cianídrico. Corrêa et al. (2002), avaliando a atividade da linamarase, observaram que entre 15 e 30 °C a atividade enzimática manteve-se estável por duas horas, enquanto em temperaturas maiores que 30 °C a enzima perdeu progressivamente sua atividade. A 35 e 40 °C a enzima perdeu respectivamente 30 e 57% da sua atividade e a 50, 60 e 70 °C a enzima perdeu totalmente a atividade após duas horas (Corrêa et al., 2002). Frois et al. (2014) observaram que a linamarase mostrou-se termoestável a 40 °C, e que apresentou atividade insignificante a 60 °C, sendo inativada quando incubada a 70 e 80 °C. Embora o ácido cianídrico apresente ponto de

ebulição de 25,6 °C, a linamarina e a lotaustralina (National Center for Biotechnology Information, 2023; CAS Common Chemistry, 2023) possuem ponto de fusão de aproximadamente 140 °C e as cianidrinhas correspondentes pontos de ebulição de 95 e 130 °C (National Center for Biotechnology Information, 2023; CAS, 2023).

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar o teor dos compostos cianogênicos em folhas de diversas variedades da mandioca de indústria e de mesa com diferentes idades.

Material e métodos

Genótipos avaliados e condições de cultivo

Foram avaliados nove genótipos de mandioca: Amansa Burro, BRS Caipira, Cidade Rica, Cigana Preta, Cria Menino, BRS Guaíra, BRS Kiriris, Talo Branco e BRS Verdinha. As plantas desses genótipos foram plantadas em 27 de agosto de 2017 e colhidas aos 6 (8/3/2018), 8 (30/4/2018), 10 (5/7/2018) e 12 meses (3/9/2018) na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em Cruz das Almas Bahia, Brasil, latitude 39°06'23" sul e 12°40'39" oeste, altitude de 226 metros. O clima da região é designado como tropical quente e úmido, Aw a Am, de acordo com a classificação de Köppen, tendo temperatura média anual de 24,5 °C, umidade relativa de 80% e precipitação média de 1.249,7 mm anuais (Agrimtempo, 2023). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso, conforme classificação realizada por Oliveira e Cunha (2018).

As precipitações e temperaturas foram registradas durante a condução do experimento (Agrimtempo, 2023) e estão representadas na Figura 1.

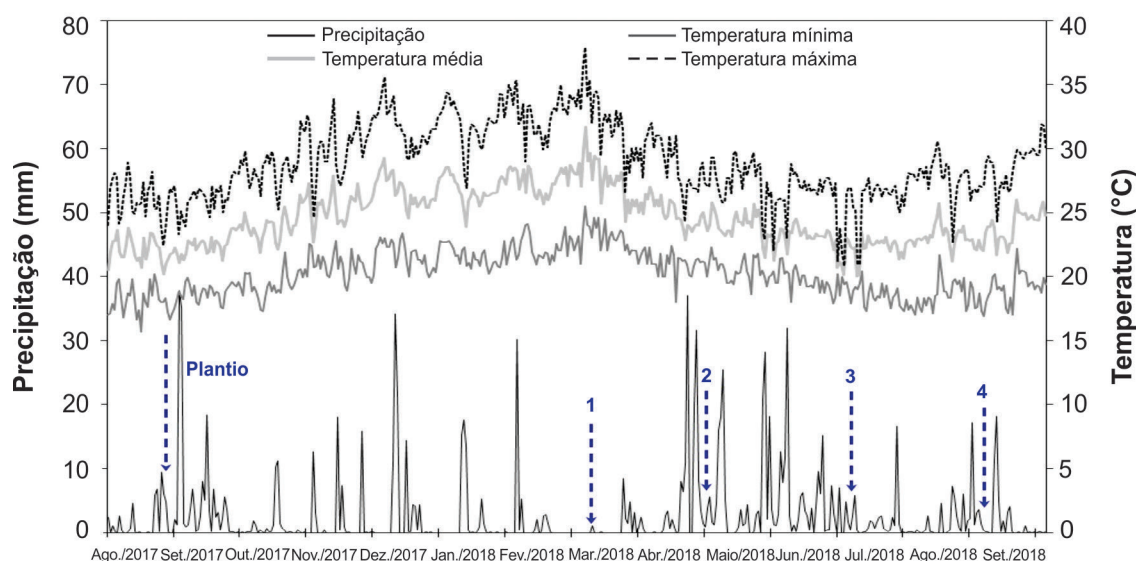


Figura 1. Precipitação e temperatura máxima, mínima e média em Cruz das Almas, Bahia, durante a condução do experimento. O plantio e as quatro colheitas realizadas estão marcados com setas azuis.

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com 3 blocos, no esquema fatorial 9 (clones) x 4 (idades das plantas). A parcela foi composta por quatro linhas, em que cada linha continha quinze plantas dispostas em espaçamento de 0,8 m entre plantas e 1,0 m entrelinhas, com 60 plantas no total, sendo avaliadas as 30 plantas das 2 linhas centrais.

Compostos cianogênicos

As folhas foram colhidas de diferentes plantas da mesma variedade e de diferentes posições na planta. Pelo menos 100 g de folhas foram colhidas e preparadas para a análise no mesmo dia após serem picadas e homogeneizadas.

A determinação dos compostos cianogênicos (cianeto livre, α -hidroxinitrila e glicosídeos cianogênicos) foi realizada de acordo com Essers (1994). O método consiste na extração destes compostos, com posterior reação do cianeto com cloramina T e isonicotinato 1,3-dimetil barbiturato e determinação espectrofotométrica a 605 nm. Para a liberação do cianeto glicosídico utiliza-se a enzima linamarase, a qual foi extraída da folha da mandioca, segundo Cooke (1979). Aproximadamente 10 g de folha fresca foram utilizados para a extração dos compostos cianogênicos com 150 mL da solução H_3PO_4 0,1 M em 25% de etanol. A umidade foi determinada utilizando a balança de infravermelho, pesando-se aproximadamente 0,5 g, a qual é utilizada nos cálculos do teor de compostos cianogênicos.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2010).

Resultados e discussão

A fonte de variação genótipo foi significativa para o teor de compostos cianogênicos (Tabela 1), demonstrando existir variabilidade genética entre os genótipos avaliados.

As folhas dos genótipos de mandioca que apresentaram estatisticamente ($p < 0,05$) os menores teores de compostos cianogênicos aos 6 meses foram Amanca Burro e Talo Branco (Tabela 2), com teor abaixo de 60 mg de HCN kg^{-1} de folha fresca, o que caracteriza esses dois genótipos de mandioca com menor toxicidade nessa idade. Nos genótipos BRS Kiriris e Talo branco foram observados os menores teores de compostos cianogênicos aos 8 meses, seguidos por Amanca Burro e BRS Caipira, enquanto Cria Menino apresentou a maior concentração. Já aos 10 meses, as folhas com os teores de

compostos cianogênicos mais baixos foram a Amanca Burro e a BRS Kiriris, enquanto os genótipos BRS Caipira, BRS Guaira, Cidade Rica, Cigana Preta e Talo Branco não diferiram entre si, com valores intermediários de concentração e teor médio de 110,42 mg de HCN kg^{-1} de folha fresca. Aos 12 meses, os genótipos se dividiram em dois grupos, no qual Amanca Burro, BRS Caipira, Cidade Rica, Cigana Preta, BRS Kiriris e Talo Branco apresentaram os menores teores.

Tabela 1. Análise de variância dos teores de compostos cianogênicos avaliados em nove genótipos de mandioca em quatro épocas de colheita.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios
		Compostos cianogênicos (mg HCN kg^{-1} de folha fresca)
Blocos	2	72,169223 ^{ns}
Genótipos	8	26064,672588 ^{**}
Erro 1	16	942,565112
Épocas de colheita	3	74647,199942 ^{**}
Genótipos x épocas	24	2633,260031 ^{**}
Erro 2	54	727,961754

G.L. graus de liberdade. ^{**}significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}não significativo.

A utilização de folhas dos genótipos Amanca Burro ou Talo Branco aos 6 meses (média de 55,16 mg de HCN kg^{-1} de folha fresca) ou Amanca Burro, BRS Caipira, Cidade Rica, Cigana Preta, BRS Kiriris e Talo Branco aos 12 meses (valor médio de 65,76 mg de HCN kg^{-1} de folha fresca) (Tabela 2) são as mais adequadas para consumo tanto por humanos como por animais, pois nessa idade apresentaram menor teor de compostos cianogênicos, o que diminui os riscos de intoxicação. As folhas do genótipo Cria Menino apresentaram o maior teor desses compostos em todas as idades de colheita, sendo necessário um processamento mais eficiente para eliminação dos mesmos.

A composição nutricional da planta de mandioca altera com a variedade, composição do solo, localização geográfica, condições ambientais, idade, parte da planta e incidência de insetos praga, e do mesmo modo a concentração dos glicosídeos cianogênicos (Cardoso Júnior et al., 2005; Burns et al., 2012; Srihawong et al., 2015; Oloya et al., 2018; Ndam et al., 2019; Panghal et al., 2019; Sruthi et al., 2019; Imakumbili et al., 2020; Ospina et al., 2021; Chaia-reekitwat et al., 2022). Porém, Tambalo et al. (2023), ao avaliarem três variedades de mandioca colhidas aos 12 meses, observaram que não houve diferenças estatísticas no teor de compostos cianogênicos

entre os cinco grupos de folhas colhidas (folhas mais jovens a mais velhas na planta), com valores variando de 80,39 a 268,75 mg kg⁻¹ de folha.

Tabela 2. Compostos cianogênicos em folhas de diferentes genótipos de mandioca em quatro épocas de colheita, Cruz das Almas, 2018.

Genótipo	Compostos cianogênicos (mg de HCN kg ⁻¹ de folha fresca)			
	6 meses	8 meses	10 meses	12 meses
Amansa Burro	58,21 ^a	155,52 ^b	73,49 ^a	85,30 ^a
BRS Caipira	124,51 ^c	176,71 ^b	100,90 ^b	85,50 ^a
Cidade Rica	136,49 ^c	222,51 ^c	112,80 ^b	58,91 ^a
Cigana Preta	111,97 ^b	235,44 ^c	119,93 ^b	76,19 ^a
Cria Menino	162,92 ^d	338,29 ^d	170,08 ^c	138,88 ^b
BRS Guaira	194,14 ^d	278,97 ^c	120,32 ^b	111,01 ^b
BRS Kiriris	85,22 ^b	106,11 ^a	58,81 ^a	38,34 ^a
Talo Branco	52,10 ^a	99,65 ^a	98,17 ^b	50,31 ^a
BRS Verdinha	173,02 ^d	248,95 ^c	167,81 ^c	117,04 ^b
CV				20,47 ^{**}
Média				131,79

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas pertencem estatisticamente ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. **significativo a 1% de probabilidade.

Valores dentro da faixa ou superiores ao presente estudo para a concentração de compostos cianogênicos nas folhas foram obtidos por Opoku-Nkoom et al. (2013) em nove variedades mais plantadas em Gana (72,79 a 203,50 mg de HCN kg⁻¹); por Srihawong et al. (2015) em duas variedades em três idades de colheita

(4, 5 e 6 meses) e em duas condições de umidade do solo (315 a 685 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca); por Ojiambo et al. (2017) em cinco variedades (128,34 a 576,30 mg kg⁻¹ de folha fresca) e por Leguizamón et al. (2021) em três variedades de mandioca (242 a 401 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca).

O teor total de compostos cianogênicos nas folhas de mandioca em base seca (bs) variou de 131,72 a 1.348,50 mg de HCN kg⁻¹ e são inferiores ou estão na faixa onde são encontrados os 178 genótipos de mandioca da América Latina (346 a 7.484 ppm bs) e em quatro variedades amplamente cultivadas na Tailândia (386,40 a 2.330,18 ppm bs) (Ospina et al., 2021; Chaiareekitwat et al., 2022).

Hidayat et al. (2002) avaliaram as folhas de 99 cultivares da Indonésia e observaram grande variação no teor de compostos cianogênicos (9 a 779 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca). Esses autores classificaram o teor de compostos cianogênicos nas folhas de mandioca como muito baixo (9–93 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca), baixo (94–215 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca), médio (216–334 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca), alto (335–490 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca) e muito alto (491–779 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca). Segundo essa classificação, as folhas dos genótipos avaliados seriam classificadas como muito baixo a alto.

Para a interação genótipo versus idade de colheita, o modelo quadrático foi significativo ($p < 0.05$) para a BRS Verdinha, Cidade Rica e Talo Branco e explicou 80,2, 77,3 e 99,9% das variações observadas nos dados experimentais, respectivamente. Para as demais variedades estudadas não foi possível ajustar modelo de regressão linear ou quadrático (Figura 2).

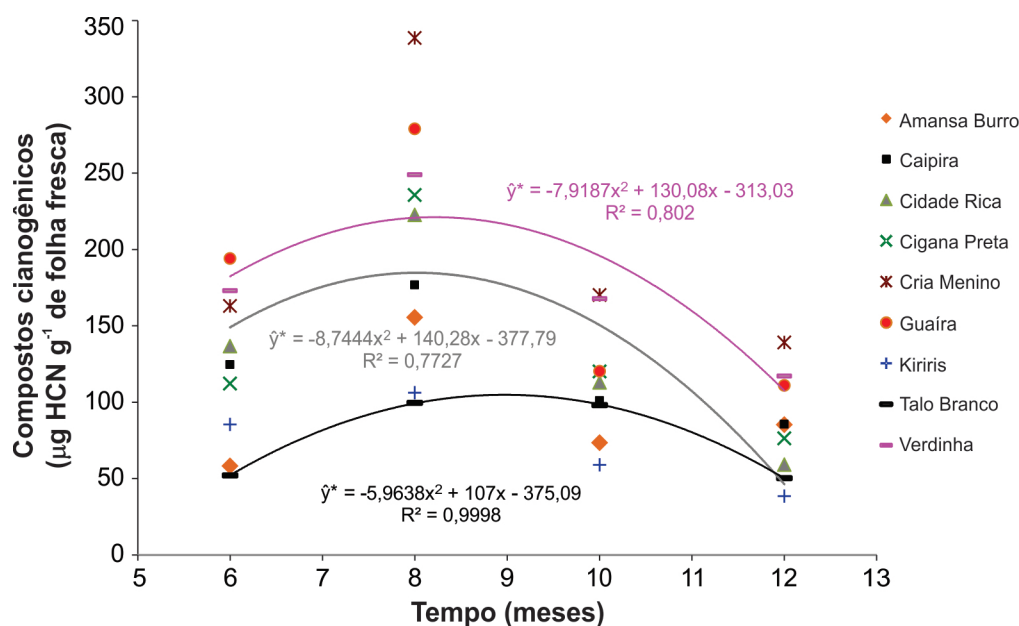


Figura 2. Compostos cianogênicos em folhas de mandioca de diferentes genótipos em quatro idades de colheita, Cruz das Almas, 2018.

Oliveira et al. (2012) avaliaram o teor de compostos cianogênicos em tecidos de mandioca, em função da idade da planta (90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após o plantio) e níveis de adubação nitrogenada, tendo observado que o teor de compostos cianogênicos decresceu linearmente em função da idade em partes da planta, como as folhas. Aos 90 dias, os autores observaram que as folhas apresentaram elevada toxicidade, com teores médios de 543,55 mg de HCN kg⁻¹ de folha fresca, enquanto na colheita de 360 dias, esse teor foi de 109,75 mg de HCN kg⁻¹. Já Oloya et al. (2018), ao estudarem as raízes de cinco variedades de mandioca de 8 a 13 meses, encontraram que a concentração de glicosídeos cianogênicos foi maior nas idades de 8 a 10 meses e, na maioria das vezes, diminuiu após o décimo mês. No entanto, Sruthi et al. (2019) observaram que em relação à idade de colheita (7,5; 8; 8,5 e 9 meses), aos 7,5 meses apresentou significativamente o maior teor de compostos cianogênicos nas folhas (134,05 ppm), o qual não apresentava diferença em relação aos 8 meses (104,31 ppm), com os menores teores aos 8,5 (81 ppm) e 9 meses (76,51 ppm). Neste estudo, é observado um aumento na concentração dos glicosídeos cianogênicos dos 6 para os 8 meses, seguido de uma diminuição para a maioria dos genótipos dos 8 para os 10 e 12 meses (Tabela 2, Figura 2).

Conclusão

As folhas dos genótipos Amansa Burro, BRS Kiriris e Talo Branco são as mais indicadas para o consumo, pois apresentaram os menores teores de compostos cianogênicos em pelo menos três das quatro épocas de colheita estudadas.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Fapesb pela concessão da bolsa de iniciação científica, respectivamente, dos alunos Gleidson Santos Teixeira e Palmira de Jesus Neta.

Referências

- AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento agrometeorológico do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, 2023. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/br/estado/BA/pesquisa/>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- BAYATA, A. Review on nutritional value of cassava for use as a staple food. **Science Journal of Analytical Chemistry**, v.7, n. 4, p. 83-91, 2019.
- BOUKHERS, I.; BOUDARD, F.; MOREL, S.; SERVENT, A.; PORTET, K.; GUZMAN, C.; VITOU, M.; KONGOLO, J.; MICHEL, A.; POUCHERET, P. Nutrition, health-care benefits and phytochemical properties of cassava (*Manihot esculenta*) leaves sourced from three countries (Reunion, Guinea, and Costa Rica). **Foods**, v. 11, n. 14, p. 2027, 2022.
- BURNS, A. E.; GLEADOW, R. M.; ZACARIAS, A. M.; CUAMBE, C. E.; MILLER, R. E.; CAVAGNARO, T. R. Variations in the chemical composition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves and roots as affected by genotypic and environmental variation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 4946-4956, 2012.
- CARDOSO JÚNIOR, N. dos S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; AMARAL, C. L. F.; PIRES, A. J. V.; RAMOS, P. A. S. Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, p. 603-610, 2005.
- CAS COMMON CHEMISTRY. 2023. CAS, a division of the American Chemical Society, n.d. hydrogen cyanide (CAS RN: 74-90-8), acetone cyanohydrin (CAS RN: 75-86-5), butanone cyanohydrin (CAS RN: 4111-08-4), linamarin (CAS RN: 554-35-8) e lotaustralin (CAS RN: 534-67-8). Licensed under the Attribution-Noncommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0). Disponível em: <https://commonchemistry.cas.org>. Acesso em: 28 mar. 2024.
- CEREDA, M. P. Processamento da mandioca como mecanismo de detoxificação. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. (coord.) **Tecnologia, uso e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2004. (Culturas de tuberosas amiláceas latinoamericanas, 3).
- CHAIAREEKITWAT, S.; LATIF, S.; MAHAYOTHEE, B.; KHUWIJITJARU, P.; NAGLE, M.; AMAWAN, S.; MÜLLER, J. Protein composition, chlorophyll, carotenoids, and cyanide content of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) as influenced by cultivar, plant age, and leaf position. **Food Chemistry**, v. 372, p. 131173, 2022.
- COOKE, R. D. **Enzymatic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products**. Cali: CIAT, 1979. 14 p. (05EC-6).
- CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; NATIVIDADE, M. A. E.; ABREU, C. M. P.; XISTOS, A. L. R. P.; CARVALHO, V. D. Farinha de folhas de mandioca I - Efeito da secagem das folhas sobre a atividade da linamarase. **Ciência Agrotecnica**, v. 26, n. 2, p. 268-374, mar./abr. 2002.
- ESSERS, A. J. A. Further improving the enzymic assay for cyanogens in cassava products. **Acta Horticultura**, n. 375, p. 97-104, 1994.

- FEELEY, M.; AGUDO, A.; BRONSON, R.; EDGAR, J.; GRANT, D.; HAMBRIDGE, T.; SCHATTER, J. Cyanogenic glycosides (addendum). In: **SAFETY evaluation of certain food additives and contaminants**. Geneva: FAO: World Health Organization, 2012. p. 171-323. (WHO Food additives series, 65). Prepared by the seventy-fourth meeting of the Joint FAO/WHO. Expert Committee on Food Additives (JECFA).
- FERREIRA, D. F. **SISVAR 5.3**: sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2010.
- FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região norte: a mandioca no mundo. In: MODESTO JUNIOR, M. de S.; ALVES, R. N. B. (ed.). **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Cap. 1, p. 15-48.
- FROIS, J. C.; OLIVEIRA, L. A. de; OLIVEIRA, G. B. de. Estudo da estabilidade da linamarase de manihot esculenta crantz sob armazenamento. In: REUNIÃO ANUAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E CULTURA NO RECÔNCAVO DA BAHIA - RECONCITEC, 3., Cruz das Almas. **Anais[...]**. Cruz das Almas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014. E-book.
- HAWASHI, M.; SITANIA, C.; CAESY, C.; APARAMARTA, H. W.; WIDJAJA, T.; GUNAWAN, S. Kinetic data of extraction of cyanide during the soaking process of cassava leaves. **Data in Brief**, v. 25, n. 104279, p. 1-9, 2019.
- HIDAYAT, A.; ZURIDA, N.; HANARIDA, I. The cyanogenic potential of roots and leaves of ninety nine cassava cultivars. **Indonesian Journal of Agricultural Science**, v. 3, n. 1, p. 25-32, 2002.
- IMAKUMBILI, M. L. E.; SEMU, E.; SEMOKA, J. M. R.; ABASS, A.; MKAMILO, G. Plant tissue analysis as a tool for predicting fertiliser needs for low cyanogenic glucoside levels in cassava roots: an assessment of its possible use. **Plos one**, v. 15, n. 2, p. e0228641, 2020.
- LEGUIZAMÓN, A. J.; ROMPATO, K. M.; HOYOS, R. E.; AUDISIO, M. C. Nutritional evaluation of three varieties of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) grown in Formosa, Argentina. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 101, p. 103986, 2021.
- LOBO, I. D.; SANTOS JÚNIOR, C. F. dos; NUNES, A. Importância socioeconômica da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para a comunidade de Jaçapetuba, município de Cametá, PA. **Multitemas**, v. 23, n. 55, p. 195-211, 2018.
- LORENZI, J. O.; RAMOS, M. T. B.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L.; GODOY Jr, G. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 52, n.1, p. 1-5, 1993.
- MODESTO JÚNIOR, M. DE S.; ALVES, R. N. B.; FIGUEIREDO, L. A. Rentabilidade do beneficiamento de folhas de mandioca e de maniçoeira para maniçoba. In: ALVES, R. N. B.; MODESTO JUNIOR, M. de S. (ed.). **Mandioca**: agregação de valor e rentabilidade de negócios. Brasília, DF: Embrapa Amazônia Oriental, 2019. 223 p.
- MONTAGNAC, J. A.; DAVIS, C. R.; TANUMIHARDJO, S. A. Processing techniques to reduce toxicity and antinutrients of cassava for use as a staple food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 1, p. 17-27, 2009.
- NAMBISAN, B. Evaluation of the effect of various processing techniques on cyanogen content reduction in cassava. **Acta Horticulturae**, v. 375, p. 193-201, 1994.
- NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. **Pubchem compound database**; CID=768 (hydrogen cyanide), 6406 (acetone cyanohydrin), 97823 (butanone cyanohydrin), 11128 (linamarin) e 441467 (lotaustralin), 2023. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/#query=CID> Acesso em: 28 mar. 2024.
- NDAM, Y. N.; MOUNJOUENPOU, P.; KANSKI, G.; KENFACK, M. J.; MEGUIA, M. P. F.; EYENGA, N. S. N. N.; AKHOBACHOH, M. M.; NYEGUE, A. Influence of cultivars and processing methods on the cyanide contents of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and its traditional food products. **Scientific African**, v. 5, p. e00119, 2019.
- OJIAMBO, O. C.; NAWIRI, M. P.; MASIKA, E. Reduction of cyanide levels in sweet cassava leaves grown in Busia County, Kenya based on different processing methods. **Food Research**, v. 1, n. 3, p. 97-102, 2017.
- OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 531 p.
- OLIVEIRA, N. T. de; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. de A. A. de; SOUZA, E. D.; MELVILLE, C. C. Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n.10, p.1436-1442, 2012.
- OLOYA, B.; ADAKU, C.; ANDAMA, M. Variation of cyanogenic potential of selected cassava varieties with age in Zombo district, Uganda. **International Refereed Journal of Arts, Science & Commerce**, v. 6, n. 1, p. 6-11, 2018.
- OPOKU-NKOOM, W.; ASIBEY-BERKO, E.; LARTEY, A. Cyanide contents of leaves of commonly consumed cassava varieties from three geographical regions of Ghana. **Journal of Food Science and Engineering**, v. 3, p. 648-656, 2013.

OSPINA, M. A.; PIZARRO, M.; TRAN, T.; RICCI, J.; BELALCAZAR, J.; LUNA, J. L.; LONDOÑO, L. F.; SALAZAR, S.; CEBALLOS, H.; DUFOUR, D.; LOPEZ-LAVALLE, L. A. B. Cyanogenic, carotenoids and protein composition in leaves and roots across seven diverse population found in the world cassava germplasm collection at CIAT, Colombia. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 3, p. 1343-1353, 2021.

PANGHAL, A.; MUNZERO, C.; SHARMA, P.; CHHIKARA, N. Cassava toxicity, detoxification and its food applications: a review. **Toxin Reviews**, p. 1-16, 2019.

PIGATTO, G. A. S.; QUEIROZ, T. R.; LOURENZANI, A. E. B. S. Redes sociais de produtores de mandioca em regiões do estado de São Paulo. **Interações**, v. 16, n. 1, p. 75-86, 2015.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; PAREJA M.; AMBROGI, B. G. Current knowledge and future research perspectives on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) chemical defenses: an agroecological view. **Phytochemistry**, v. 130, p. 10-21, 2016.

SANTOS, M. A. I.; SIMÃO, A. A.; MARQUES, T. R. M.; SACKZ, A. A.; CORRÊA, A. D. Efeito de diferentes métodos de extração sobre a atividade antioxidante e o perfil de compostos fenólicos da folha de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, e2015067, p. 1-6, 2016.

SILVA, V. C. **Intoxicação experimental por resíduo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (manipueira) em ovinos**. 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal nos Trópicos) - Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SILVA, V. C.; OLIVEIRA, L. A. de; LACERDA, M. dos S. C.; PIMENTEL, L. A.; SANTOS, W. S.; MACÊDO, J. T. S. A.; RIET-CORREA, F.; PEDROSO, P. M. O. Experimental poisoning by cassava wastewater in sheep. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1241-1246, 2017.

SOARES, I. A.; TÊO, M. S.; DEBASTIANI, C.; RETUCI, V. S.; BARONI, S. Concentrado proteico obtido das folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de três variedades comerciais. **Acta Ambiental Catarinense**, v. 13, n. 1/2, jan./dez. 2016. 7 p. DOI: <https://doi.org/10.24021/raac.v13i1.3644>.

SRIHAWONG, W.; KONGSIL, P.; PETCHPOUNG, K.; SAROBOL, E. Effect of genotype, age and soil moisture on cyanogenic glycosides content and root yield in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Kasetsart Journal (Natural Science)**, v. 49, p. 844-855, 2015.

SRUTHI, T. R.; NOORUNIZA, N.; JOHN, K. S.; SREEKUMAR, J.; SHEELA, M. N. Influence of nutrients and nutrient use efficient genotypes on tuber and leaf cyanogen and tuber starch in cassava. **Journal of Root Crops**, v. 45, n. 1, p. 3-11, 2019.

TAMBALO, F. M. Z.; CAPUNO, R. B. A.; ESTRELLANA, C. D.; GARCIA, J. F.; ARCILLAS, L. S. N. Effect of processing on the antinutrient and protein contents of cassava leaves from selected varieties. **Philippine Journal of Science**, v. 152, n. 2, p. 561-570, 2023.

VASCONCELOS, L. M.; BRITO, A. C.; CARMO, C. D.; OLIVEIRA, P. H.; OLIVEIRA, E. J. Phenotypic diversity of starch granules in cassava germplasm. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 16, 2017.

ZACARIAS, C. H. **Avaliação da exposição de trabalhadores de casas-de-farinha ao ácido cianídrico proveniente da mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, no Agreste Alagoano**. 147 f. Dissertação (Toxicologia e Análises Toxicológicas) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

ZEMBA, A. A.; KEFAS, J.; HAMZA, A. Land suitability analysis for decision-making in cassava (*Manihot* Spp.) cultivation in southern part of Adamawa State, Nigeria. **Global Journal of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2017.